



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 26 645 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 23 D 14/18**

②① Aktenzeichen: 197 26 645.2  
②② Anmeldetag: 18. 6. 97  
④③ Offenlegungstag: 24. 12. 98

**DE 197 26 645 A 1**

⑦① Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER, 10707 Berlin

⑦② Erfinder:  
Maier-Röltgen, Uli, Dipl.-Ing., 79379 Müllheim, DE;  
Schuler, Alexander, Dr.-Ing., 79098 Freiburg, DE;  
Kanal, Herwig, 79098 Freiburg, DE

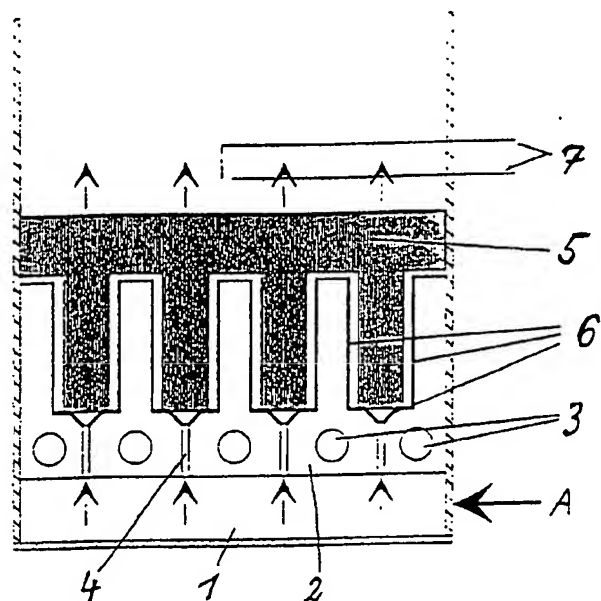
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 43 17 554 A1  
JP 04-2 40 307 A, in: Patent Abstracts of  
Japan, Sect. M, Vol. 17 (1993), Nr. 8 (M-1350);

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Katalytischer Brenner**

⑤⑦ Es wird ein katalytischer Brenner mit Brennmittel- und Luftzuführreinrichtungen sowie mindestens einem Katalysator (5) und wärmeaufnehmenden Wandteilen (2) beschrieben, bei welchem die Wärmeübertragung vom Katalysator auf die Wandteile im wesentlichen durch Strahlung erfolgt. Das Wandteil weist Vorsprünge auf, zwischen dem jeweils ein der Kontur der Vorsprünge angepaßter Teil des Katalysators aufgenommen ist. Durch diese Ausbildung kann eine sehr große Wärmetauscherfläche erzielt werden. Das Wandteil ist vorzugsweise von Kühlmittelkanälen (3) durchzogen.



**DE 197 26 645 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen katalytischen Brenner nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der DE 43 17 554 A1 wird ein zweistufiger katalytischer Brenner beschrieben, der in seiner ersten Stufe aus einer angeströmten Platte in Form eines auf der Außenseite katalytisch beschichteten Rohres besteht und als zweite Stufe einen Wabenkatalysator besitzt. Der Hauptumsatz des Brennstoffes geschieht in der ersten Stufe, die über Strahlung einen Teil der Wärme an einen Wasserkreislauf abgibt. Die restliche Reaktionswärme wird an das Reaktionsgas abgegeben. Der Umsatz in der ersten Stufe beträgt je nach Belastung 60 bis 80%. Dabei erweist es sich als ungünstig, daß der Umsatz in der ersten Stufe mit steigender Belastung abnimmt, so daß der Wabenkatalysator mit steigender Brenngasbelastung überproportional viel Umsatz erzielen muß, um den vollständigen Ausbrand sicherzustellen. Dies kann in der zweiten Stufe zu Materialbelastungen führen. Die Temperaturen in der ersten Stufe sind neben den bereits oben angesprochenen Faktoren auch vom Reaktionsweg abhängig. Das Brenngas wird hauptsächlich im ersten Drittel des Rohres umgesetzt. Eine gleichmäßige Verteilung der Temperaturen über den Reaktionsweg kann man bei einer Auslegung für verschiedene Brennerleistungen nicht erreichen. Diese Faktoren bedingen eine sehr sorgfältige verfahrenstechnische Auslegung des Gesamtbrenners.

Bei katalytischen Brennern muß die Reaktionsdichte an der katalytisch aktiven Zone ausreichend hoch sein, um einen kompakten und leistungsfähigen Brenner zu realisieren, wobei jedoch durch geeignete Stofftransport- bzw. Wärmetransportbedingungen die Reaktionstemperatur auf einem dem Material zuträglichem Maß gehalten werden muß.

Bei dem Brenner nach DE 43 17 554 A1 wird diese Bedingung durch eine Kombination aus einer Begrenzung des Stofftransports (erste Brennerstufe) und Wärmeabgabe über Strahlung und Konvektion erreicht. Diese Verknüpfung erschwert eine verfahrenstechnische Auslegung, die auf eine möglichst hohe Modulationsfähigkeit abzielt.

In der älteren, nicht veröffentlichten Patentanmeldung 196 04 263.1 wird ein katalytischer Brenner mit Brennmittel- und Luftzuführeinrichtungen mit mindestens einem Katalysator und kühlmitteldurchflossenen Wandteilen offenbart, bei welchem die Wärmeübertragung des Katalysators auf die Wandteile im wesentlichen durch Strahlung erfolgt. Dieser Brenner gewährleistet einen einfachen verfahrenstechnischen Aufbau und ermöglicht einen Brenngasumsatz an katalytisch aktiven Oberflächen sowie einen hohen Modulationsgrad. Das Brennstoff/Luft-Gemisch wird durch den plattenförmigen Katalysator hindurchgeführt und in diesem weitgehend umgesetzt. Die Katalysatorstruktur ist relativ dünn, die katalytische Oberfläche im Vergleich zu der ersten Stufe des Brenners nach DE 43 17 554 A1 jedoch groß, so daß ein relativ hoher Umsatz erzielt werden kann. Jedoch ist auch bei diesem Brenner die flächen- bzw. volumenbezogene Leistung (Leistungsdichte) häufig nicht ausreichend.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen katalytischen Brenner mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 in der Weise zu verbessern, daß die Leistungsdichte deutlich erhöht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen katalytischen Brenners ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Dadurch, daß zumindest eines der Wandteile Vorsprünge aufweist, zwischen denen jeweils ein der Kontur der Vor-

sprünge angepaßter Teil des Katalysators aufgenommen ist, kann die Leistungsdichte auf ein Mehrfaches, beispielsweise 3 bis 5faches der Leitungsdichte des vorerwähnten katalytischen Brenners gemäß Patentanmeldung 196 04 263.1 erhöht werden. Dies bedeutet andererseits, daß ein kompakter Brenner mit hoher Leistung geschaffen werden kann.

Darüber hinaus ermöglicht die Erfindung, daß bei stark exothermen oder endothermen katalytischen Reaktionen sehr hohe Reaktionsdichten erreicht werden können, ohne daß zu große Temperaturdifferenzen oder Temperaturspitzen in der Reaktionszone und die damit verbundenen Probleme (Materialstabilität und dergleichen) auftreten. Auch ist eine große Modulierbarkeit der Leistung und der Luftzahl gegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines katalytischen Brenners nach einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 den schematischen Aufbau eines katalytischen Brenners nach einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 den schematischen Aufbau eines katalytischen Brenners nach einem dritten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 4 den schematischen Aufbau eines katalytischen Brenners nach einem vierten Ausführungsbeispiel.

Bei dem katalytischen Brenner nach Fig. 1 wird ein durch einen Pfeil A angedeutetes Brennstoff/Luft-Gemisch in einen Raum 1 unterhalb einer Kühl/Verteiler-Platte 2 eingeführt, die von Kanälen 3 zur Leitung eines Kühlmittels durchzogen ist. Durch enge Durchlässe 4 in Form kleiner Bohrungen oder Schlitze strömt das Gemisch gleichmäßig verteilt in den Raum zwischen der Kühl/Verteiler-Platte 2 und einem Katalysator 5 mit Wabenstruktur.

Die Kühl/Verteiler-Platte 2 ist auf der dem Katalysator 5 zugewandten Seite mit plattenförmigen Vorsprüngen versehen, welche Taschen bilden, in denen entsprechend geformte Vorsprünge des Katalysators 5 aufgenommen sind. Zwischen den jeweiligen Vorsprüngen der Kühl/Verteiler-Platte 2 und des Katalysators 5 befindet sich ein Spalt von im wesentlichen konstanter Dicke. Die dem Katalysator 5 zugewandte Oberfläche der Kühl/Verteiler-Platte 2 ist zudem mit einer infrarotstrahlungsabsorbierenden Schicht 6 überzogen.

Innerhalb des Katalysators 5 findet die Reaktion des Brennstoff/Luft-Gemisches unter Freisetzung von Wärme statt. Durch die verzahnte Anordnung der jeweiligen Vorsprünge dient somit die gesamte Fläche der Vorsprünge des Katalysators 5 als Wärmeabstrahlungsfläche und die gesamte Fläche der Vorsprünge der Kühl/Verteiler-Platte 2 dient als Strahlungsaufnahme(Absorber)-Fläche. Dadurch wird die Wärmeaustauschfläche im Vergleich zu einer flachen Bauweise beträchtlich erhöht. Es kann damit deutlich mehr Wärme abgeführt und hierdurch die Leistungsdichte deutlich erhöht werden, ohne daß sich das Temperaturniveau im Katalysator erhöht.

Besitzt das Material der Kühl/Verteiler-Platte 2 eine gute Wärmeleitfähigkeit, kann ihre Temperatur auch im Bereich der Vorsprünge sehr niedrig gehalten werden. Da sich die Abstrahlung eines Körpers mit der vierten Potenz seiner Temperatur ändert, reguliert sich aufgrund des Strahlungsaustausches zwischen dem Katalysator 5 und der Kühl/Verteiler-Platte 2 die Wärmeabführung in einem weiten Leistungsbereich selbst, so daß der Brenner in der Leistung stark moduliert werden kann, ohne daß eine Überhitzung auftritt.

Darüber hinaus ist der Einfluß der Temperatur der Kühl/Verteiler-Platte 2 aufgrund der von der vierten Potenz der

Temperatur abhängigen Kopplung äußerst gering. Dementsprechend hat eine Temperatur der Kühl/Verteiler-Platte 2 im Bereich von zum Beispiel 100 bis 500°C nur einen geringen Einfluß auf den Wärmeaustrag des Katalysators 5 mit einer Temperatur von beispielsweise 900°C. Somit können die Vorsprünge der Kühl/Verteiler-Platte 2 relativ schmal ausgebildet sein, da ihre Wärmeleitung bei erhöhter Temperaturdifferenz zum Kühlmedium zunimmt.

Bei niedriger Leistung des Brenners findet die Reaktion des Brennstoff/Luft-Gemisches hauptsächlich im in Fig. 1 oberen Bereich des Katalysators 5 statt. Die heiße Abstrahlungsfläche der Reaktionszone ist klein, so daß auch bei geringer Leistung ein stabiler Betrieb mit der für einen vollständigen Umsatz erforderlichen hohen Temperatur gewährleistet ist. Mit zunehmender Leistung dehnt sich die Reaktionszone mehr und mehr nach unten in den Bereich der Vorsprünge des Katalysators 5 aus. Dadurch wird die Abstrahlungsfläche deutlich vergrößert, so daß eine Überhitzung des Katalysators 5 verhindert wird. Die Reaktionszone dehnt sich soweit nach unten aus, bis der hierdurch ansteigende Wärmeaustrag im Gleichgewicht zur Wärmeerzeugung ist.

Da das Brennstoff/Luft-Gemisch durch die engen Durchlässe 4 in der Kühl/Verteiler-Platte 2 zugeführt wird, kann ein Rückzünden verhindert werden.

Der Start des katalytischen Brenners erfolgt, indem durch eine über dem Katalysator 5 angeordnete Zündelektrode 7 eine Flamme gezündet wird, welche den Katalysator 5 erwärmt, so daß die katalytische Reaktion an den erwärmten Stellen beginnt, wodurch der Katalysator weiter erwärmt wird und er schließlich die gesamte Reaktion übernimmt, so daß die Flamme automatisch erlischt.

Gemäß Fig. 1 besteht der Katalysator 5 aus einem horizontal verlaufenden Verbindungsteil, von welchem die Vorsprünge senkrecht abstehen. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 fehlt dieser Verbindungsteil, so daß der Katalysator 5 aus einzelnen separaten Segmenten besteht. Da bei dieser Ausbildung die Gefahr nicht ausgeschlossen ist, daß das Brennstoff/Luft-Gemisch im Katalysator 5 nicht vollständig umgesetzt wird, kann es zweckmäßig sein, einen weiteren nachgeschalteten Katalysator 8 vorzusehen, der den vollständigen Ausbrand der aus dem Katalysator 5 ausgetretenen Gase gewährleistet. In diesem Fall ist es auch möglich, die Verbrennung im "Katalysator" 5 nichtkatalytisch durchzuführen, d. h. diesen Teil als nichtkatalytischen Strahlungsbrenner auszubilden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 findet die Flammenverbrennung zum Vorheizen des Katalysators 5 unterhalb von diesem in Räumen 9 zwischen den Vorsprüngen der Kühl/Verteiler-Platte 2 statt. Eine nicht dargestellte Verbindung zwischen den einzelnen Räumen 9 ermöglicht die Ausbreitung der Flamme auf diese insgesamt mit nur einer ebenfalls nicht gezeigten Zündelektrode.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 zeigt anstelle eines wabenartigen Katalysators einen aus Schüttgut bestehenden Katalysator 5. Hierbei muß beachtet werden, daß der Abstand der Vorsprünge der Kühl/Verteiler-Platte 2 nicht zu groß ist, da anderenfalls im Innern der Schüttung eines zu starke Temperaturerhöhung auftreten kann. Auch empfiehlt sich hier die Anordnung des weiteren Katalysators 8, wobei dann wiederum die Schüttung als einfacher Strahlungsbrenner ohne katalytische Wirkung ausgebildet sein kann.

Es sind weitere Ausbildungen möglich. So können die Vorsprünge auch senkrecht zu den Kanälen 3 für das Kühlmittel verlaufen. Die Vorsprünge der Kühl/Verteiler-Platte 2 können kreuzweise angeordnet sein, so daß sich ein Schachbrettmuster ergibt. Der Katalysator 5 ragt dann mit einzelnen Stiften in die Kühlstruktur bzw. die Körner des Katalysatorschüttung liegen in den entsprechenden Leerräumen

der Kühlstruktur. Umgekehrt können von der Kühl/Verteiler-Platte 2 abgehende Stifte in die Wabenstruktur des Katalysators 5 hineinragen.

Auch muß die Kühlung des die Verbrennung bewirkenden Katalysators 5 nicht zwingend durch einen Kühlmittelstrom erfolgen. Endotherme Reaktionen, die zum Beispiel in den Kanälen 3 ablaufen, können ebenfalls als Wärmesenke genutzt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Dampfformierung von Methanol im Temperaturbereich von ca. 230 bis 300°C.

Belegt man die Vorsprünge der Kühl/Verteiler-Platte 2 beispielsweise mit thermoelektrischen Wandlern, Thermophotovoltaikzellen oder dergleichen, so wird ein Teil der erzeugten Wärme in elektrischen Strom umgewandelt und der Rest wird über den Kühlmittelstrom abgeführt.

#### Patentansprüche

1. Katalytischer Brenner mit Brennmittel- und Luftzuführeinrichtungen sowie mindestens einem Katalysator (5) und wärmeaufnehmenden Wandteilen (2), wobei die Wärmeübertragung vom Katalysator (5) auf die Wandteile (2) im wesentlichen durch Strahlung erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eines der Wandteile (2) Vorsprünge aufweist, zwischen denen jeweils ein der Kontur der Vorsprünge angepaßter Teil des Katalysators (5) aufgenommen ist.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandteile (2) Kühlmittelkanäle (3) aufweisen.
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den Vorsprüngen des Wandteils (2) aufgenommenen Teile des Katalysators (5) durch einen quer zu diesen verlaufenden Teil des Katalysators (5) miteinander verbunden sind.
4. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den Vorsprüngen des Wandteils (2) aufgenommenen Katalysatorteile (5) getrennte Segmente sind.
5. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Wandteil (2) als Platte mit auf einer Seite angeordneten, zwischen die Teile des Katalysators (5) ragenden Vorsprüngen ausgebildet und mit Durchlässen (4) für ein auf der den Vorsprüngen entgegengesetzten Seite der Platte zugeführtes Brennstoff/Luft-Gemisch versehen ist.
6. Brenner nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlässe (4) enge Kanäle zur gleichmäßigen Verteilung des Brennstoff/Luft-Gemisches sind.
7. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Wandteils (2) eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist.
8. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Katalysator (5) zugewandte Oberfläche des Wandteils (2) mit einer infrarotstrahlungsabsorbierenden Schicht (6) überzogen ist.
9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zündvorrichtung (7) zum Entflammen des in den Katalysator (5) eintretenden oder aus dem Katalysator (5) aus tretenden Brennstoff/Luft-Gemisches für die Vorwärmung des Katalysators (5) vorgesehen ist.
10. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem Katalysator (5) im Strömungspfad des Brennstoff/Luft-Gemisches ein weiterer Katalysator (8) nachgeschaltet ist.
11. Brenner nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündvorrichtung (7) zwischen dem Wandteil (2) und dem Katalysator (5) angeordnet ist.

12. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator (5) als Wabenkatalysator ausgebildet ist.

13. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator (5) als Schüttkatalysator ausgebildet ist.

14. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge des Wandteils (2) plattenförmig sind.

15. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge des Wandteils (2) stiftförmig sind.

16. Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der zwischen den Vorsprüngen des Wandteils (2) aufgenommene Teil des Katalysators (5) zumindest teilweise als nichtkatalytischer Strahlungsbrenner ausgebildet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

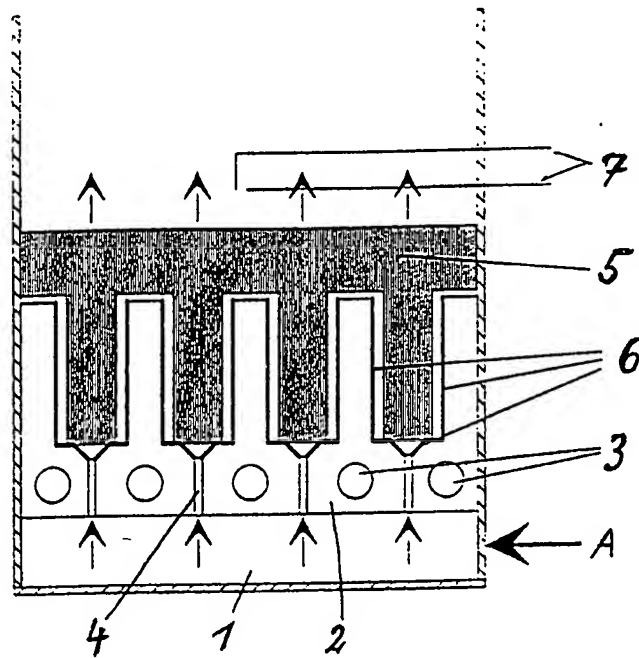


Fig. 2

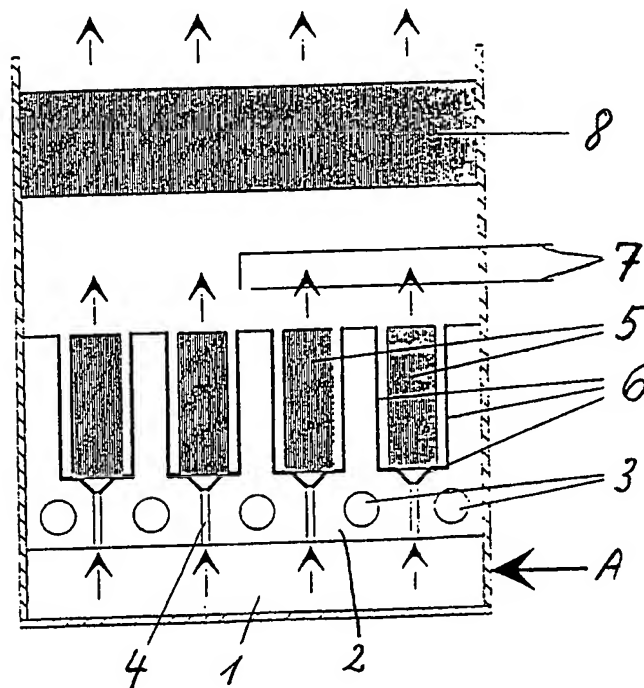


Fig. 3

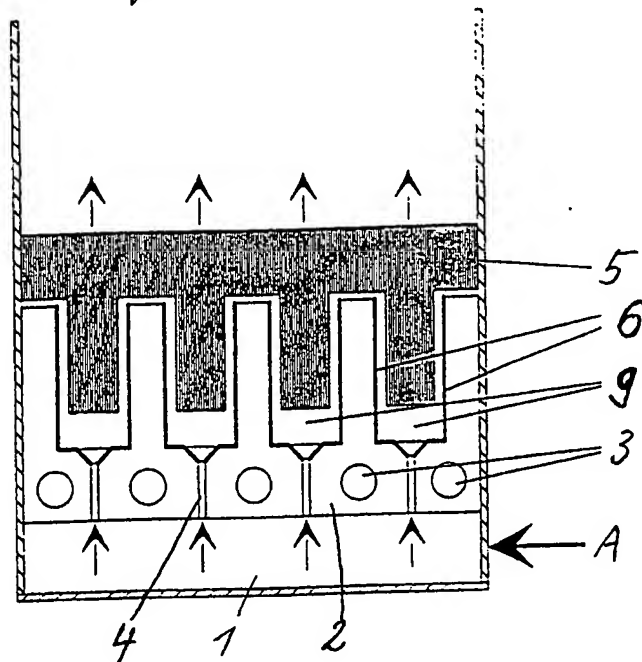


Fig. 4

